

18 MAI 2000



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

REC. 06 JUN 2000

WIPO

PCT

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

10 MAI 2000

Fait à Paris, le .....

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

## DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA REGLE  
17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS Cédex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04  
Télécopie : 01 42 93 59 30

---

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

1 <b>NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b>  PECHINEY Daniel MAURICE 28 Rue de Bonnel 69433 LYON CEDEX 03		2 <b>DEMANDE</b> Nature du titre de propriété industrielle <input checked="" type="checkbox"/> brevet d'invention <input type="checkbox"/> demande divisionnaire <input type="checkbox"/> certificat d'utilité <input type="checkbox"/> transformation d'une demande de brevet européen <input type="checkbox"/> demande initiale <input type="checkbox"/> brevet d'invention Établissement du rapport de recherche <input type="checkbox"/> différé <input checked="" type="checkbox"/> immédiat Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non Titre de l'invention (200 caractères maximum)  PROCÉDE ET DISPOSITIF AMÉLIORÉS DE DEGAZAGE ET DE SÉPARATION DES INCLUSIONS D'UN BAIN DE MÉTAL LIQUIDE PAR INJECTION DE BULLES DE GAZ	
3 <b>DEMANDEUR (S)</b> n° SIREN . . . . . code APE-NAF . . . . . Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination  1/ PECHINEY RHENALU 2/ ALUMINIUM PECHINEY  Nationalité (s) Française(s) Adresse : 7, Place du Chancelier Adenauer 75116-PARIS 2/ 7 Place du Chancelier Adénauer 75218 PARIS 16°		Forme juridique  SA SA  Pays  FRANCE  FRANCE	
4 <b>INVENTEUR (S)</b> Les inventeurs sont les demandeurs <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non Si la réponse est non, fournir une désignation séparée			
5 <b>RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b> <input type="checkbox"/> requise pour la 1ère fois <input type="checkbox"/> requise antérieurement au dépôt : joindre copie de la décision d'admission			
6 <b>DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE</b> pays d'origine . . . . . numéro . . . . . date de dépôt . . . . . nature de la demande . . . . .			
7 <b>DIVISIONS</b> antérieures à la présente demande n° . . . . . date . . . . . n° . . . . . date . . . . .			
8 <b>SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (nom et qualité du signataire)  Daniel MAURICE (422-5/PP 361)		SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI  A. CHAPELAN	



# BREVET D'INVENTION, CERTIFICAT D'UTILITE

## DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

DIVISION ADMINISTRATIVE DES BREVETS

BR 3311 DM/NC

26bis, rue de Saint-Petersbourg

75800 Paris Cédex 08

Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

9905484

### TITRE DE L'INVENTION :

PROCEDE ET DISPOSITIF AMELIORES DE DEGAZAGE ET DE SEPARATION DES INCLUSIONS D'UN BAIN DE METAL LIQUIDE PAR INJECTION DE BULLES DE GAZ

### LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

Monsieur daniel MAURICE  
PECHINEY  
28 Rue de Bonnel  
69433 LYON CEDEX 03

DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

- 1/ Le BRUN Pierre  
Rue de Saint-Jean  
38110 SAINT-JEAN DE SOUDAIN
- 2/ LESCUYER Hervé  
16 Rue du Petit Jean  
38610 GIERES
- 3/ BERTHERAT Marc  
2 Bis Allée de Taillefer  
74000 ANNECY
- 4/ ALLIBERT Michel  
23 Avenue Marcellin Berthelot  
38100 GRENOBLE

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

27 Avril 1999

Daniel MAURICE (422-5/PP 361)

**PROCEDE ET DISPOSITIF AMELIORES DE DEGAZAGE ET DE SEPARATION DES  
INCLUSIONS D'UN BAIN DE METAL LIQUIDE  
PAR INJECTION DE BULLES DE GAZ**

5

DOMAINE TECHNIQUE

L'invention concerne un procédé et un dispositif pour améliorer le traitement de  
10 dégazage et la séparation des inclusions d'un bain de métal liquide, en particulier  
l'aluminium, le magnésium ou leurs alliages, par injection et dispersion d'un gaz  
dans le dit métal liquide.

ETAT DE LA TECHNIQUE

On sait qu'avant d'obtenir par coulée des produits métallurgiques semi finis, tels  
15 que l'aluminium, le magnésium ou leurs alliages, il est nécessaire de traiter le  
métal brut liquide pour le débarrasser des gaz dissous (en particulier l'hydrogène),  
des impuretés dissoutes (en particuliers les alcalins) et des inclusions solides ou  
liquides qui nuiraient à la qualité des pièces coulées.

Ce traitement est habituellement effectué par insufflation d'un gaz approprié, par  
20 exemple un gaz inerte et insoluble dans le métal liquide, du type Ar pouvant  
contenir quelques pour-cents de gaz réactif du type chlore.

---

Pour que ce traitement soit efficace les bulles doivent être du plus petit diamètre  
possible afin qu'il y ait une surface de contact importante entre le gaz et le métal.

Il est connu, par exemple de la demande FR 2727432 de la demanderesse,  
25 d'insuffler le gaz à l'aide d'un matériau poreux inerte vis-à-vis du métal liquide  
généralement à base de graphite ou d'alumine.

Mais une telle façon de procéder ne permet pas de contrôler le débit et la taille des bulles de gaz émises. En effet quand les pores sont trop gros, d'une part les bulles sont trop grosses, manquent d'efficacité, le gaz étant insuffisamment dispersé dans le métal liquide, et provoquent des remous de surface  
5 préjudiciables, d'autre part il est nécessaire de ne pas arrêter le passage du gaz dans les pores pour empêcher le métal liquide d'y pénétrer, en particulier pendant les périodes de repos entre deux coulées. Par contre quand les pores sont trop petits les bulles s'étalent et restent grosses; de plus il est difficile d'introduire un débit de gaz élevé dans le métal liquide.

10 Ainsi le dispositif de la demande précitée tend à contourner cette difficulté de contrôler le diamètre des bulles et d'obtenir des bulles de petit diamètre, à l'aide d'un agencement particulier des dispositifs émetteurs de gaz.

De même un procédé pour réduire le diamètre des bulles émises par un milieu poreux est décrit dans le brevet US 4714494. Ce procédé consiste à traiter le métal  
15 liquide dans une goulotte de grande longueur dont la sole est en matériau poreux servant à introduire le gaz et dans laquelle le dit métal liquide circule à une vitesse d'au moins 0,1 cm/sec et de préférence d'au moins 2,5 cm/sec. Même si ce procédé permet de réduire le diamètre des bulles celui-ci demeure néanmoins important. Par ailleurs la mise en œuvre du métal liquide à grande  
20 vitesse n'est pas simple, peut présenter des risques pour la sécurité et peut ne pas être compatible avec une bonne qualité du métal liquide compte tenu des remous qui se produisent en son sein.

---

Ainsi les procédés connus utilisant des diffuseurs poreux permettent au mieux d'obtenir des bulles de l'ordre de 30 à 50mm de diamètre même avec des  
25 porosités très fines, par exemple inférieures à 1 mm, ou des vitesses de circulation du métal liquide de l'ordre de grandeur de celles décrites dans le dit brevet US.

Malgré cela la demanderesse a poursuivi ses efforts pour essayer de contrôler et diminuer le diamètre des bulles émises par un dispositif statique d'insufflation de gaz et le rendre ainsi plus efficace.

### DESCRIPTION DE L'INVENTION

L'invention est un dispositif d'injection de bulles de gaz dans un métal liquide contenu dans un volume de traitement, le dit dispositif comprenant au moins une pièce statique d'injection (appelé aussi émetteur) en matériau substantiellement  
5 inerte et étant caractérisé en ce que la dite pièce statique comporte une pluralité d'orifices, le matériau et/ou l'implantation des orifices étant tels que le rapport du diamètre de la surface de contact entre chaque bulle émise et le dit matériau à la sortie de l'orifice, sur le diamètre de sortie de l'orifice, ou rapport d'étalement, est inférieur à 5, de préférence à 3 ou mieux à 1,5.

- 10 Le volume, ou conteneur, de traitement est généralement une cuve à un ou plusieurs compartiments, une goulotte de circulation de métal liquide, un four, etc.

Le diamètre de l'orifice est au plus égal au diamètre de la bulle à obtenir et le rapport d'étalement est d'autant plus faible que l'on veut obtenir un petit diamètre de bulle. Le dispositif selon l'invention est surtout utile dès que l'on veut  
15 obtenir des bulles ayant un diamètre d'au plus 20 mm et avantageusement d'au plus 10 mm même lorsque le métal est calme ou circule à faible vitesse. Quand le métal liquide circule à vitesse plus élevée, le diamètre des bulles peut être encore plus petit.

Le rapport d'étalement recherché peut être obtenu en utilisant un matériau mouillable par le métal liquide, c'est à dire dont l'angle de mouillage est inférieur  
20 à 90°, et/ou en limitant mécaniquement la surface d'étalement disponible autour de l'orifice; cette dernière solution permet d'utiliser des diffuseurs en matériaux non mouillables par le métal liquide.

La figure 1 (a et b) illustre la différence de comportement d'un matériau  
25 mouillable et non mouillable dans le cadre de l'invention.

En (1) on voit le corps de l'émetteur statique, en (2) l'orifice d'arrivée du gaz où se forme une bulle (9) en surface de l'émetteur, le dit orifice (2) étant alimenté en gaz à l'aide d'un petit canal pratiqué dans l'émetteur.

Quand le matériau est mouillable par le métal liquide (cas de la fig. 1a), l'angle de mouillage (10) défini par la tangente à la bulle (9) à son point de contact avec l'émetteur et par l'émetteur est inférieur à  $90^\circ$ . On voit que le métal mouillant bien le matériau de l'émetteur contrarie l'étalement de la bulle (9) et en limite le diamètre.

Quand le matériau n'est pas mouillable par le métal liquide (cas de la fig. 1b), l'angle de mouillage (10) est supérieur à  $90^\circ$ . On voit que le métal ayant de la difficulté à mouiller l'émetteur permet à la bulle de s'étaler; dans ce cas il est important de limiter mécaniquement ou géométriquement la surface d'étalement de la dite bulle, comme cela sera vu plus loin, pour qu'elle ait un petit diamètre

Dans le cas de l'aluminium ou du magnésium ou de leurs alliages liquides, le matériau mouillable du diffuseur peut être choisi parmi certains métaux réfractaires inertes vis-à-vis des dits métaux liquides, comme Mo, W, V, Ti ... ou parmi des céramiques comme  $TiB_2$ , nitrures, carbures. On peut noter à ce sujet que normalement le graphite ou l'alumine ne sont pas mouillables par ces métaux liquides et ne sont pas adaptés pour être utilisés sans les dispositifs de l'invention.

Pour limiter physiquement la surface d'étalement, le diffuseur peut comporter une pluralité de petites protubérances dont la surface sommitale correspond à la dite surface de contact ou d'étalement de la bulle et comprend au moins un orifice d'émission de gaz. Avec un tel diffuseur on voit qu'il est alors possible d'utiliser des matériaux non mouillables par le métal liquide; dans ce cas il est préférable de ne disposer qu'un seul orifice à la surface supérieur de la protubérance. Ces protubérances ont de préférence une hauteur au moins égale à leur diamètre et une forme qui peut être celle d'un plot cylindrique droit ou incliné ou tronconique.

Le diffuseur peut se présenter sous forme d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces élémentaires, généralement de faible épaisseur dans laquelle ont été percés de petits canaux. L'extrémité supérieure de ces canaux constitue l'orifice d'injection, situé à la surface du dit diffuseur en contact avec le métal liquide, et leur extrémité inférieure constitue l'orifice recevant le flux de gaz d'alimentation à



injecter dans le métal liquide. La distance entre deux orifices d'injection voisins est typiquement légèrement supérieure à celle correspondant au diamètre de la surface d'étalement et est telle que les bulles en cours de formation ne se touchent pas. Les canaux peuvent correspondre à un système de pores ou  
5 communiquer par un réseau de canaux d'alimentation creusés dans la masse.

Pour mieux contrôler le diamètre des bulles, il est important que la pression du gaz au niveau de l'orifice de sortie, à l'interface entre le métal et la surface de l'émetteur, soit essentiellement constante quel que soit le débit de gaz, en particulier lors de la formation et du détachement de la bulle. Pour cela il est  
10 avantageux de concevoir le dispositif de façon à ce que le volume tampon situé entre l'orifice de sortie de gaz et le plus proche organe de réglage de l'alimentation en gaz (vanne, débitmètre ...) soit aussi réduit que possible, et/ou d'utiliser un débitmètre massique adapté, et/ou d'introduire une perte de charge locale juste en amont de l'orifice de sortie à l'aide par exemple d'un matériau  
15 poreux.

En vue de diminuer encore le diamètre des bulles, on peut avantageusement introduire dans le métal liquide une énergie de cisaillement, par exemple à l'aide d'ultrasons ou d'un agitateur rotatif, pour favoriser le décollage des bulles.

Le dispositif d'injection selon l'invention est avantageusement utilisé pour le  
20 traitement de volumes d'aluminium, de magnésium ou de leurs alliages liquides. Il peut par exemple être installé dans le fond de cuves de traitement du métal liquide ou de compartiments de ces mêmes cuves, mais également dans le fond de goulottes de circulation du dit métal liquide.

---

L'invention concerne également tout procédé de traitement de métal liquide à  
25 l'aide de bulles de gaz de diamètre d'au plus 20mm, ou de préférence d'au plus 10 mm générées par un diffuseur statique, les produits obtenus par ce procédé et le dispositif correspondant. Elle concerne également tout procédé de traitement de métal liquide par injection de gaz utilisant le dispositif statique d'injection de la présente invention.

Les dessins et les exemples suivants illustrent l'invention.

La figure 2 représente une vue partielle, en coupe, d'un exemple de diffuseur permettant d'obtenir le rapport d'étalement selon l'invention et la figure 3 une vue dans les mêmes conditions d'un autre diffuseur selon l'invention.

- 5 Sur la figure 2 on voit en (1) le diffuseur statique sous forme d'une pièce en matériau mouillable par le métal liquide, généralement installé dans le fond d'un volume de traitement d'aluminium liquide (non représenté), comportant un pluralité d'orifices d'injection (2) en contact avec le métal liquide (3). Sur la face inférieure (4) de la pièce (1) débouche un orifice (5) d'alimentation en gaz de traitement, lequel sera acheminé vers l'orifice d'injection (2) par l'intermédiaire du volume tampon (8). En amont de cette face inférieure (4) se trouve le dispositif d'alimentation en gaz à pression constante (6) comportant un feutre en graphite introduisant une perte de charge entre le flux de gaz d'alimentation (7) et le volume tampon aussi réduit que possible (8). Le diffuseur repose sur des supports non représentés et plusieurs diffuseurs peuvent être installés dans un même volume de traitement comme cela est indiqué dans la demande FR 2727432 citée ci-dessus.

- Avec une pièce (1) en Ti (mouillable par l'aluminium) d'épaisseur 0,2 cm et des orifices (2) de diamètre 1,0 mm espacés les uns des autres de 15 mm, la bulle en formation (9) montre un angle de mouillage (10) d'environ 70° et un rapport d'étalement d'environ 1. Le diamètre des bulles formées (11) est mesuré par une méthode aux rayons X consistant essentiellement à irradier le bain de métal liquide, dans lequel les bulles de gaz sont émises, et à visualiser les dites bulles en clair sur fond sombre après récupération de l'image par une caméra; leur diamètre est alors mesuré après un étalonnage de la chaîne d'acquisition.

- 25 Le diamètre est de 5 mm alors que le métal est calme et sans apport d'énergie de cisaillement extérieure.

- La figure 3 montre le détail d'un autre moyen permettant de limiter le rapport d'étalement. Le diffuseur statique (21) placé dans le fond d'un volume de traitement du métal liquide (23), se présente sous forme d'une pièce comportant

des orifices d'injection (22) par où est diffusé le gaz de traitement dans le métal liquide (23). Ces orifices sont situés au sommet de protubérances (32) dont le diamètre sommital, en combinaison avec le diamètre de l'orifice, sert à calculer le dit rapport d'étalement. Les orifices d'injection (22) sont reliés à l'orifice d'alimentation (25) situé sur la face inférieure (24) de la pièce (21) par l'intermédiaire du volume tampon (28) aussi réduit que possible. En amont de la dite face inférieure (24) se trouve comme précédemment le dispositif d'alimentation à pression constante (26).

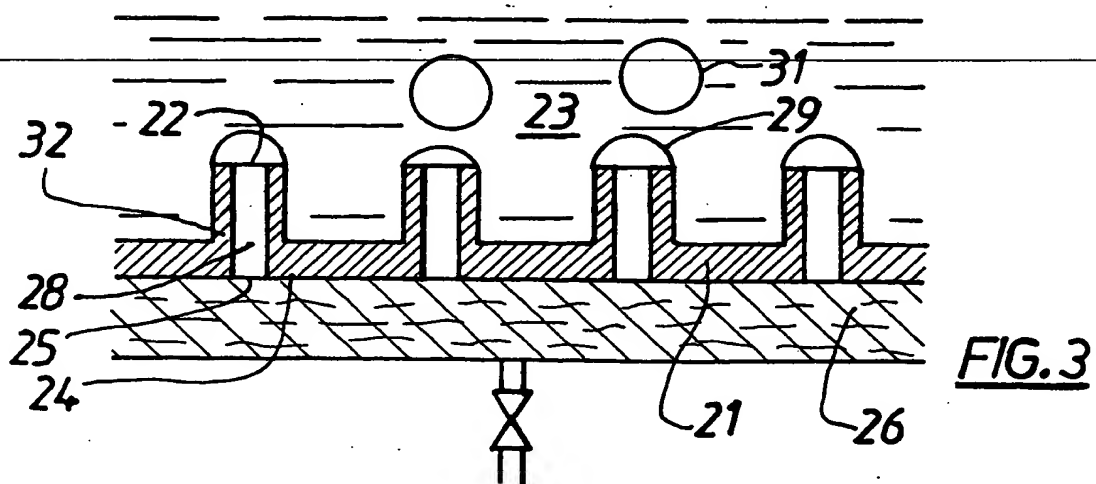
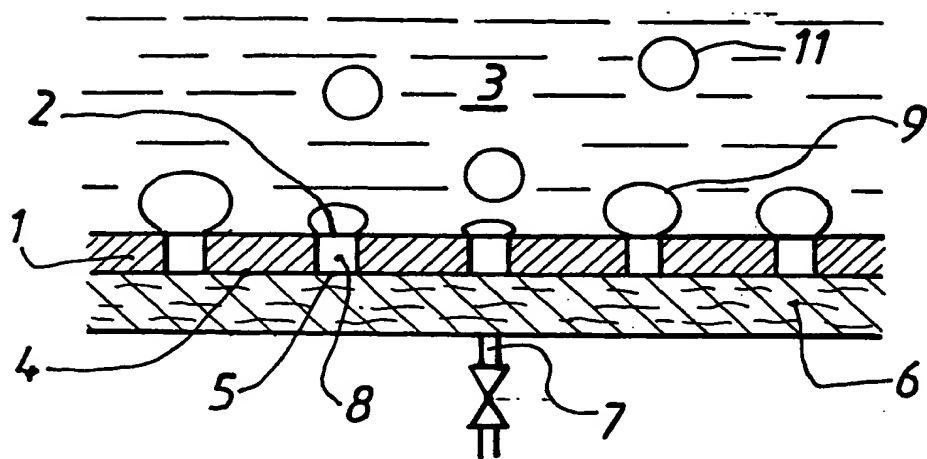
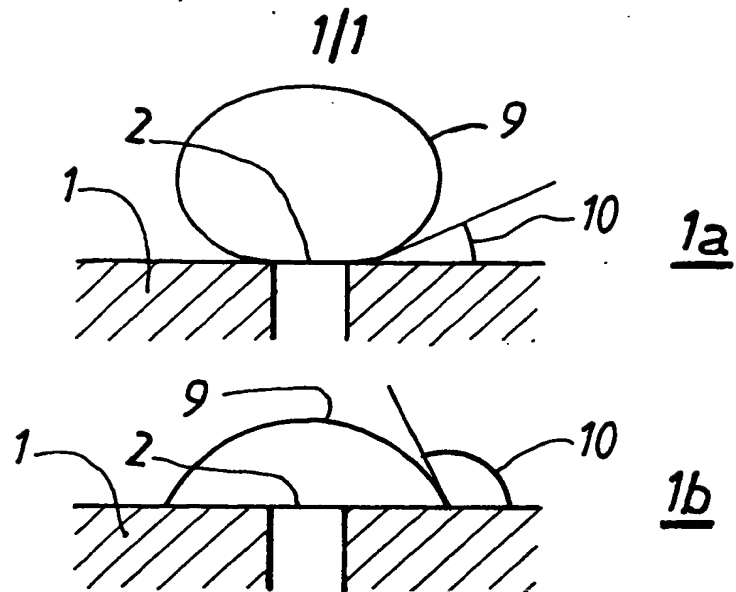
Avec une pièce en graphite (non mouillable par l'aluminium) ayant des orifices (22) de diamètre 2 mm situés au sommet de petits cylindres de diamètre 10 mm, représentant ainsi un rapport d'étalement de 5, ayant une hauteur de 10 mm au dessus de la surface du reste du diffuseur et espacés les uns des autres de 40 mm, il est possible d'obtenir des bulles (31) ayant un diamètre d'environ 10 mm. On voit que la bulle en cours de formation (29) ne dépasse pas la périphérie du plot cylindrique (32) bien individualisé, non mouillable, sur lequel elle se forme.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif d'injection de bulles de gaz dans un métal liquide (3, 23) contenu dans  
5 un volume de traitement, de préférence une cuve de traitement, une goulotte  
de circulation du métal liquide ou un four, le dit dispositif comprenant au moins  
une pièce statique (1, 21) d'injection en matériau inerte et étant caractérisé en  
ce que la dite pièce statique (1, 21) comporte une pluralité d'orifices (2, 22), le  
matériau et/ou l'implantation des orifices étant tels que le rapport du diamètre  
10 de la surface de contact entre chaque bulle émise et le dit matériau à la  
sortie de l'orifice (2, 22) sur le diamètre de l'orifice, ou rapport d'étalement, est  
inférieur à 5, de préférence à 3 ou plus avantageusement à 1,5.
2. Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que le rapport d'étalement  
est obtenu en utilisant une pièce statique (1, 21) en un matériau mouillable par  
15 le métal liquide (3, 23).
3. Dispositif selon la revendications 2 caractérisé en ce que quand le métal  
liquide (3, 23) est l'aluminium, le magnésium ou leurs alliages, le matériau  
mouillable est choisi parmi les métaux réfractaires, de préférence W, Mo, Ti, V  
ou les céramiques réfractaires, de préférence TiB<sub>2</sub>, les nitrures, les carbures.
- 20 4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce  
~~que le rapport d'étalement est obtenu en limitant mécaniquement ou~~  
~~géométriquement la dite surface de contact.~~
5. Dispositif selon la revendication 4 caractérisé en ce que, pour obtenir  
mécaniquement la limitation de la surface de contact, les orifices (2, 22) sont  
25 situés au sommet de protubérances (32) situées sur la pièce statique (1, 21).

6. Dispositif selon la revendication 4 ou 5 caractérisé en ce que, quand le matériau de la pièce statique (21) est en matériau non mouillable, chaque protubérance (32) ne comporte qu'un orifice (22) d'émission de gaz.
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour que la pression du gaz au niveau de l'orifice de sortie soit essentiellement constante quel que soit le débit de gaz.
8. Dispositif selon la revendications 7 caractérisé en ce que les dits moyens comportent un volume tampon situé entre l'orifice de sortie du gaz et le plus proche organe de réglage de l'alimentation en gaz aussi réduit que possible, et/ou un débitmètre massique adapté et/ou un moyen poreux introduisant une perte de charge locale juste en amont de l'orifice de sortie du gaz.
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 caractérisé en ce qu'on introduit dans le métal liquide (3, 23) une énergie de cisaillement, de préférence à l'aide d'ultrasons ou d'un agitateur rotatif.
10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 caractérisé en ce que les orifices (2, 22) sont séparés les uns des autres par une distance telle que les bulles en formation n'entrent pas en contact.
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 caractérisé en ce que la pièce statique d'injection (1, 21) est en un seul ou plusieurs éléments assemblés.
12. Procédé de traitement d'un métal liquide (3, 23) par injection d'un gaz à l'aide d'un dispositif d'injection de gaz statique (1, 21), en particulier celui de l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que les bulles (11, 31) du gaz de traitement introduites dans le métal liquide (3, 23) ont un diamètre inférieur à 20 mm et de préférence à 10 mm, le métal liquide (3, 23) étant au repos.

13. Procédé de traitement d'un métal liquide (3, 23) par injection d'un gaz mettant en œuvre le dispositif d'injection de gaz statique de l'une quelconque des revendications 1 à 11.
- 5 14. Procédé de traitement de l'une quelconque des revendications 12 ou 13 caractérisé en ce que la taille des bulles (11, 31) est mesurée par une méthode consistant à irradier le bain de métal liquide (3, 23) dans lequel les bulles sont émises à l'aide de rayons X, à visualiser les dites bulles après récupération de l'image par une caméra et à les mesurer après étalonnage de la chaîne d'acquisition.
-



## REVENDEICATIONS

1. Dispositif d'injection de bulles de gaz dans un métal liquide (3, 23) contenu  
5 dans un volume de traitement, de préférence une cuve de traitement, une  
goulotte de circulation du métal liquide ou un four, le dit dispositif  
comprenant au moins une pièce statique (1, 21) d'injection en matériau  
inerte, la dite pièce statique (1, 21) comportant une pluralité d'orifices (2,  
22), ledit dispositif étant caractérisé en ce que le matériau et/ou  
10 l'implantation des orifices sont tels que le rapport du diamètre de la surface  
de contact entre chaque bulle émise et le dit matériau à la sortie de l'orifice  
(2, 22) sur le diamètre de l'orifice, ou rapport d'étalement, est inférieur à 5,  
de préférence à 3 ou plus avantageusement à 1,5.
  2. Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que le rapport  
15 d'étalement est obtenu en utilisant une pièce statique (1, 21) en un  
matériau mouillable par le métal liquide (3, 23).
  3. Dispositif selon la revendications 2 caractérisé en ce que quand le métal  
liquide (3, 23) est l'aluminium, le magnésium ou leurs alliages, le matériau  
mouillable est choisi parmi les métaux réfractaires, de préférence W, Mo,  
20 Ti, V ou les céramiques réfractaires, de préférence TiB<sub>2</sub>, les nitrures, les  
carbures.
- 
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en  
ce que le rapport d'étalement est obtenu en limitant mécaniquement ou  
géométriquement la dite surface de contact.
  - 25 5. Dispositif selon la revendication 4 caractérisé en ce que, pour obtenir  
mécaniquement la limitation de la surface de contact, les orifices (2, 22)



sont situés au sommet de protubérances (32) situées sur la pièce statique (1, 21).

- 5 6. Dispositif selon la revendication 4 ou 5 caractérisé en ce que, quand le matériau de la pièce statique (21) est en matériau non mouillable, chaque protubérance (32) ne comporte qu'un orifice (22) d'émission de gaz.
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour que la pression du gaz au niveau de l'orifice de sortie soit essentiellement constante quel que soit le débit de gaz.
- 10 8. Dispositif selon la revendications 7 caractérisé en ce que les dits moyens comportent un volume tampon situé entre l'orifice de sortie du gaz et le plus proche organe de réglage de l'alimentation en gaz aussi réduit que possible, et/ou un débitmètre massique adapté et/ou un moyen poreux introduisant une perte de charge locale juste en amont de l'orifice de sortie du gaz.
- 15 9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 caractérisé en ce qu'on introduit dans le métal liquide (3, 23) une énergie de cisaillement, de préférence à l'aide d'ultrasons ou d'un agitateur rotatif.
- 20 10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 caractérisé en ce que les orifices (2, 22) sont séparés les uns des autres par une distance telle que les bulles en formation n'entrent pas en contact.
- 
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 caractérisé en ce que la pièce statique d'injection (1, 21) est en un seul ou plusieurs éléments assemblés.
- 25 12. Procédé de traitement d'un métal liquide (3, 23) par injection d'un gaz à l'aide d'un dispositif d'injection de gaz statique (1, 21) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que les bulles (11, 31) du gaz de traitement introduites dans le métal liquide (3, 23) ont un

diamètre inférieur à 20 mm et de préférence à 10 mm, le métal liquide (3, 23) étant au repos.

5 13. Procédé de traitement d'un métal liquide (3, 23) par injection d'un gaz mettant en œuvre le dispositif d'injection de gaz statique de l'une quelconque des revendications 1 à 11.

10 14. Procédé de traitement de l'une quelconque des revendications 12 ou 13 caractérisé en ce que la taille des bulles (11, 31) est mesurée par une méthode consistant à irradier le bain de métal liquide (3, 23) dans lequel les bulles sont émises à l'aide de rayons X, à visualiser les dites bulles après récupération de l'image par une caméra et à les mesurer après étalonnage de la chaîne d'acquisition.